水稻斑飛蝨之族群動態與發生預測

鄭清煥*

嘉義市 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所

(接受日期：中華民國92年 1月 9日)

摘　要

鄭清煥*　2003　水稻斑飛蝨之族群動態與發生預測　植保會刊　45：17－33.

斑飛蝨（*Laodelphax striatellus* (Fallén)）為台灣重要水稻害蟲之一，除直接危害外並可媒介傳播稻縞葉枯病。本研究利用自 1985 年以來該蟲在田間之發生密度及誘捕器材之捕獲蟲數，分析其發生動態及影響族群發生密度之因子，並建立其發生預測模式。結果顯示斑飛蝨在台灣中部一年可完成八個世代；第一、二期稻均可遭受三個世代斑飛蝨的危害；其族群高峰，無論在早、中、晚植稻均出現於水稻抽穗後，大部出現於乳熟至糊熟期間。水稻種植後，斑飛蝨之遷入稻田蟲數一般隨種植期之延遲而遞減，但因各世代成蟲的長翅型比例在 65 %以上，顯示新羽化成蟲部分遷出稻田於空中浮游或遷至較晚種植水稻。第一期稻田間斑飛蝨之發生最高族群密度與三至五月誘蟲燈之誘捕數之誘捕數呈顯著正相關（r = 0.48005*），與氣流式捕蟲網之捕蟲數量呈顯著負相關（r = -0.67094**）。而第二期稻之田間發生密度雖與十至十二月之誘蟲燈捕蟲數呈正相關，而與氣流式捕蟲網之捕蟲數呈負相關，但相關均未達統計顯著標準。三至五月誘蟲燈捕獲蟲數非但與二期稻田間斑飛蝨族群具極顯著相關（r = 0.62031*），並明顯地影響次年一期稻之族群（r =0.53700*）；同樣三至五月氣流式捕蟲網之捕蟲數與第一、二稻田間斑飛蝨發生密度呈負相關（r 值分別為 0.67094**及 0.57202*），且與十至十二月及次年三至五月之氣流式捕蟲網的捕蟲數呈密切關係（r 值分別為 0.71800**及 0.74407**）。分析影響第一、二期稻田間斑飛蝨族群族群密度之因子，顯示在第一期稻以前一年十二月黃色水盤之捕蟲數及十二月至三月之平均溫度關係最為密切；在第二期水稻則以七至八月氣流式捕蟲網之捕獲蟲數，或移植後 30 天黃色水盤之捕蟲數及八月每小時降雨量呈超過 10mm 天數，及八月之平均溫度與十月之颱風天數關係較密切。利用逐步回歸分析，可建立斑飛蝨在第一、二期稻之可能發生預測模式，可供進一步實用性之試測。

(關鍵詞：斑飛蝨、族群動態、發生預測、水稻)

---

* E-mail: chcheng@dns.caes.gov.tw

前　　言

斑飛蝨（*Laodelphax striatellus* (Fallén)）（Homoptera : Delphacidae）為溫帶地區麥類及水稻之重要害蟲，除直接危害外並可媒介傳播水稻縞葉枯病（stripe）、黑條矮化病（black-streaked dwarf）、北方穀類嵌紋病（northern cereal mosaic）、西伯利亞燕麥嵌紋病（Siberian oat mosaic）以及玉米粗縮矮化病（maize rough dwarf）等[26]。在台灣本蟲最早記錄於 1904 年台灣總督府農事試驗場報告，並與二化螟、三化螟、黑尾葉蟬、負泥蟲及鐵甲蟲並列為水稻六大害蟲[2]，曾於 1912 年嚴重發生，其後在水稻害蟲的名錄或記述上完全消失[6]。1970 年代，由於斑飛蝨所媒介之水稻縞葉枯病在台灣中部及南部嚴重發生，斑飛蝨之發生生態始受重視[12, 23]。在 1980 年代政府因稻米生產過剩，獎勵農民轉植玉米、高粱等作物以及實施所謂的不整地栽培種作，導致其族群之大幅增長，直接對水稻構成危害，而使本蟲成為台灣地區之水稻重要害蟲[19]。

有關斑飛蝨之生物學、發生生態、危害損失及防治方法等在以往已有零星報導[3, 16, 17, 18, 19, 20, 21]。本研究利用 1985 至 2001 年以各種誘蟲器材誘殺蟲數及每年水稻害蟲發生偵測田（無殺蟲劑處理）之害蟲發生族群密度的累積資料，分析影響斑飛蝨族群密度之因子，並建立發生預測模式，以供台灣水稻害蟲管理之參考。

材料與方法

自 1985 至 2001 年，於嘉義縣溪口鄉嘉義農業試驗分所農場（20 ha），設立氣流式捕蟲網（air borne net trap）及吸入式誘蟲燈（suction light trap）各兩具。氣流式捕蟲網柱高 10 m，網直徑 1 m，網長 1.5 m，呈錐形，網口雙袋式以防被捕蟲之逃逸，網尾設置控鍊以便收集害蟲；兩具捕蟲網相距約 10 m；輕風（1.6-3.3 m/s）時，網口則可隨風向轉動，並對風向，捕捉隨風飄浮之昆蟲。吸入式誘蟲燈，以 20 燭光環型日光燈為燈源，燈下 6 cm 接吸入式電風扇及蟲網，蟲網為雙袋式，以防被捕蟲之逃逸；燈柱高 1.8 m，其基部每隔 15－30 天除草一次，以防昆蟲爬上捕食誘集昆蟲；兩部捕蟲燈以定時器控制燈光之開啟（日落前 30－60 分鐘）及關閉（日出後 30 分至 60 分鐘），風扇則於每晨 8 時在收集捕獲蟲時始予關閉，以防被捕蟲之飛出。兩部燈相距約 80 m，均面對數十公頃之稻田，距離路燈約 250 m。誘捕蟲每日收集一次，經烘箱 60 ℃烘乾後鏡檢並分記錄。在誘捕蟲器資料搜集之同時，於其附近另設水稻害蟲偵察田 1 至 3 處，面積各 5 公畝，種植台農 67 號或台梗 8 號，兩者均為感蟲稻種。害蟲偵察田除不施用殺蟲藥劑外，其餘管理按當地農民慣行方法實施。水稻害蟲每週定時調查一次，調查時先將稻田區分為 4 等分，於每等分中任取一行，每行以隔 2 叢稻調查一叢方式，調查 40 叢稻上之害蟲數，並在每等分各以直徑 37 cm，柄長 1 m 之捕蟲網掃捕 10 網。試驗期中之氣象資料由中央氣象局嘉義氣象站提供。所搜集之數據，於進行分析前均先經對數值轉換，再行分析。影響族群變動之因子分析，使用簡單直線迴歸分析；而預測模式之建立則採用 SAS[27]（statistic analygsis system）套裝統計程式之逐步迴歸分析（stepwise regression analysis），並以迴歸模式之 F 值及決定係數 R^2 值之顯著性及變數之個數為選用模式之依據。

結果與討論

一、斑飛蝨之族群發生消長

斑飛蝨可在多種禾本科植物取食繁殖，除水稻、野生稻、麥類、高粱、玉米、粟、甘蔗等作物外，並可在稗草類、李氏禾、看麥娘、馬唐、狗尾草等雜草上取食繁殖[8, 9,

13, 26)，因此於二期稻收穫後斑飛蝨可在再生稻及其他寄主植物發展。在嘉義地區一期稻通常於元月上、中旬（早植稻）開始插秧，大部分（普（中）植稻）則於元月下旬，少部分（晚植稻）於二月上、中旬種植；二期不同種植水稻分別於六月下旬至七月上旬，七月上、中旬及七月下旬至八月上旬收穫。按歷年在早、中、晚植稻田於水稻插秧後，即於偵察田旁置放黃色水盤（25×32×10cm） 8個，偵測斑飛蝨遷入蟲量，結果如表一，顯然因年度遷入蟲數變動很大，但早植稻遷入蟲數有較中、晚植稻為高之趨勢。以遷入量較高之 1985 年之第一期稻的早、中、晚稻在種植後 30 日內之遷入蟲數為例，十二月廿二日植者為 76 隻，一月廿九日者為 24 隻，二月廿[illegible]日者為 1 隻；1986 年一月十九日種植者為 8 隻，二月四日者為 3 隻，二月廿八日者為 0 隻；1992 年一月十六日種植者為 47 隻，而二月七日者為 7 隻。第二期稻，除七月十日前種植者因觀察田數只有 2 處較不具代表性外，其他種植期之遷入蟲數亦隨種植期之延後而下降。

斑飛蝨在不同日期種植稻田之族群增長模式，以 1986 年一、二期稻為例示如圖一，在第一、二期水稻均可遭受三個世代之斑飛蝨之危害，惟第三世代之成蟲期大部出現於水稻收穫後，而以十二月至元月之溫度計算，其間可完成一個世代（完成一個世代之有效積溫為 380-410 日度）(26)，另於六月中旬至七月中旬亦可完成一個世代，合計在嘉義地區一年應可完成 8 個世代。

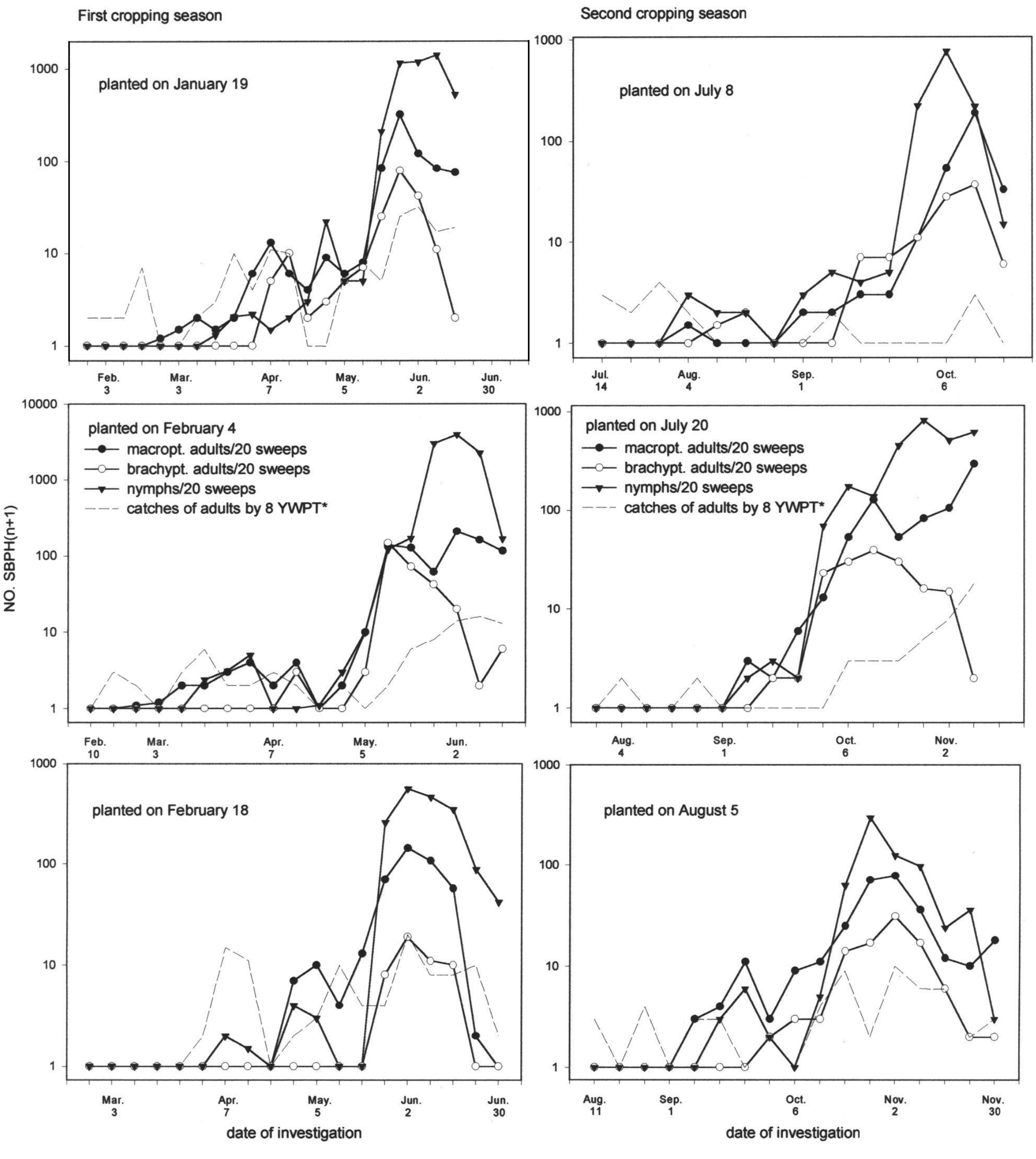
斑飛蝨無論在第一、二期早、中植稻均於水稻秧後，長翅型成蟲即陸續遷入稻田；在第一期稻，早植稻（元月十九日種植），成蟲遷入高峰由黃色水盤捕獲蟲數，可發現出現於二月中旬，第一、二、三世代成蟲分別出現於三月中、下旬，四月中、下旬，及五月下旬至六月上旬；族群高峰

表一、第一、二期不同種植期水稻於插秧後 30 天內黃色水盤誘捕遷入斑飛蝨成蟲數之比較

Table 1. Comparison among the catches of the immigrant smaller brown planthopper (SBPH) by yellow water-pan traps within 30 days after transplanting in the early, middle, and late planted paddy fields, 1985-2001

Date of transplanting	No. fields observed.[1)]	No. of SBPH	
		$\bar{x}$ ± SD	Range
First cropping season			
Before Jan. 10	1	76 ± 0	76
Jan. 11-20	11	28.9 ± 38.0	0-125
Jan. 21-31	15	11.8 ± 21.0	0-24
Feb. 1-10	7	4.43 ± 5.55	0-16
After Feb. 10	3	1.33 ± 1.52	0-3
Second cropping season			
Before July 10	2	11.0 ± 5.66	7-15
July 10-20	5	35.2 ± 42.36	1-92
July 21-31	19	8.21 ±11.02	0-45
Aug. 1-10	12	4.67 ± 4.27	0-16

1) Total number of monitoring fields observed in 15 years



圖一、斑飛蝨在第一、二期不同種植期水稻上之族群變動，嘉義溪口，1986。

Fig. 1. Population fluctuations of the smaller brown planthopper in different transplanted rice in the first and second cropping seasons, Chiocho, Chiayi, 1986 (*YWPT: yellow water-pan trap).

出現於第三世代若蟲期，相當於水稻乳熟至糊熟期（五月廿日齊穗）。而中植稻（二月四日種植），成蟲於二月中旬即有零星遷入，遷入高峰期出現於 3 月上旬，第一、二、三世代成蟲分別出現於四月上旬、五月上旬及六月上旬，若蟲則分別出現於三月中、下旬，四月下旬至五月上旬及五月下旬至六月上旬，族群高峰出現於第三世

代若蟲期，相當於水稻齊穗至乳熟期。而晚植稻（二月十八日種植），由黃色水盤之誘捕蟲數，可見於三月下旬至四月上、中旬始有成蟲遷入，相當於早、中植稻第一世代成蟲出現期，其後之第一、二世代成蟲分別出現於四月下旬至五月上旬及五月下旬至六月上旬，第三世代成蟲則出現於水稻收穫後之六月下旬至七月上旬，族群高峰期出現於抽穗期至齊穗期。

在第二期稻，於早植稻（七月八日種植），由黃色水盤之捕獲蟲數，可見於插秧後成蟲即陸續遷入，第一世代若蟲出現於七月下旬至八月中旬，而第一世代成蟲則出現於八月中、下旬；第二世代若蟲及成蟲分別出現於八月下旬至九月中旬，及九月中、下旬，而第三世代若蟲及成蟲則出現於九月下旬至十月中旬及十月上、中旬。在中植稻（7 月 20 日植），水稻種植後 30 日內黃色水盤捕獲蟲數只有 1 隻，第一世代若蟲密度極低，出現於八月中、下旬，成蟲則出現於八月下旬至九月中旬，第二世代若蟲及成蟲分別出現於九月下旬至十

表二、斑飛蝨族群高峰出現期與水稻移植期之關係

Table 2. Relationships between the population peaks of smaller brown planthopper and transplanting time of rice in the first and second cropping season from 1985 to 1990, Chiayi

Date of transplanting	No. fields obs.	Emergence of population peaks		
		Date after transplanting	period	plant stages
First cropping season of rice				
Dec. 19-29	3	134.3 ± 3.0	April 29 - May 7	milky stage
Jan. 1-10	1	126	May 11	heading stage
Jan. 11-20	10	122.3 ± 8.1	May 11-26	heading to doughy with 50 % at milky stage
Jan. 21-31	19	113.5 ± 5.6	May 12-30, mostly from May 16-25	heading to doughy with mostly from heading to milky stages
Feb. 1-10	10	107.7 ± 14.3	May 12 to June 10, mostly from May 26 to June 5	heading to ripening stages, with mostly from heading to milky stages
Feb. 11-20	3	114.0 ± 22.9	May 13 to July 2	heading to doughy stage
Second cropping season of rice				
July 8	1	91	Oct. 6	milky stage
July 16	1	75	Sept. 29	heading stage
July 20-25	9	86.5 ± 6.1	Oct. 15-27	heading to doughy stage with 77.8 % at milky stage
July 26-31	9	92.6 ± 11.25	Oct. 9 to Nov. 11, mostly from Oct. 21 to Nov. 5	heading to ripening stage with 56 % at milky stage and 44 % at ripening stage
Aug. 1-5	13	95.8 ± 10.8	Oct. 17 to Nov. 18, mostly from Nov. 6-15	milky to ripening stage, with 46 % at ripening stage and 23 % at milky stage
Aug. 10	1	93	Nov. 11	ripening stage

月上、中旬，第三世代若蟲及成蟲分別出現於十月下旬至十一月上旬及十一月上、中旬。在晚植區（八月百日種植）於黃色水盤之捕獲蟲數可見明顯地高於中植區，遷入期與早植區之第一世代成蟲出現期頗為一致。第一世代若蟲及成蟲分別出現於九月上、中旬及九月下旬至十月中旬，在此期間成蟲密度一直較若蟲密度為高，表示陸續有成蟲自早、中植區遷入；第二世代若蟲及成蟲出現於十月中旬十一月上旬及十月下旬至十一月中旬；而第三世代若蟲及成蟲則分別出現於十一月中旬至下旬及十一月下旬至十二月上旬。雖然其第三世代若蟲及成蟲族群密度頗高，但至第三世代由於水稻已屆成熟，其族群密度逐漸趨降。

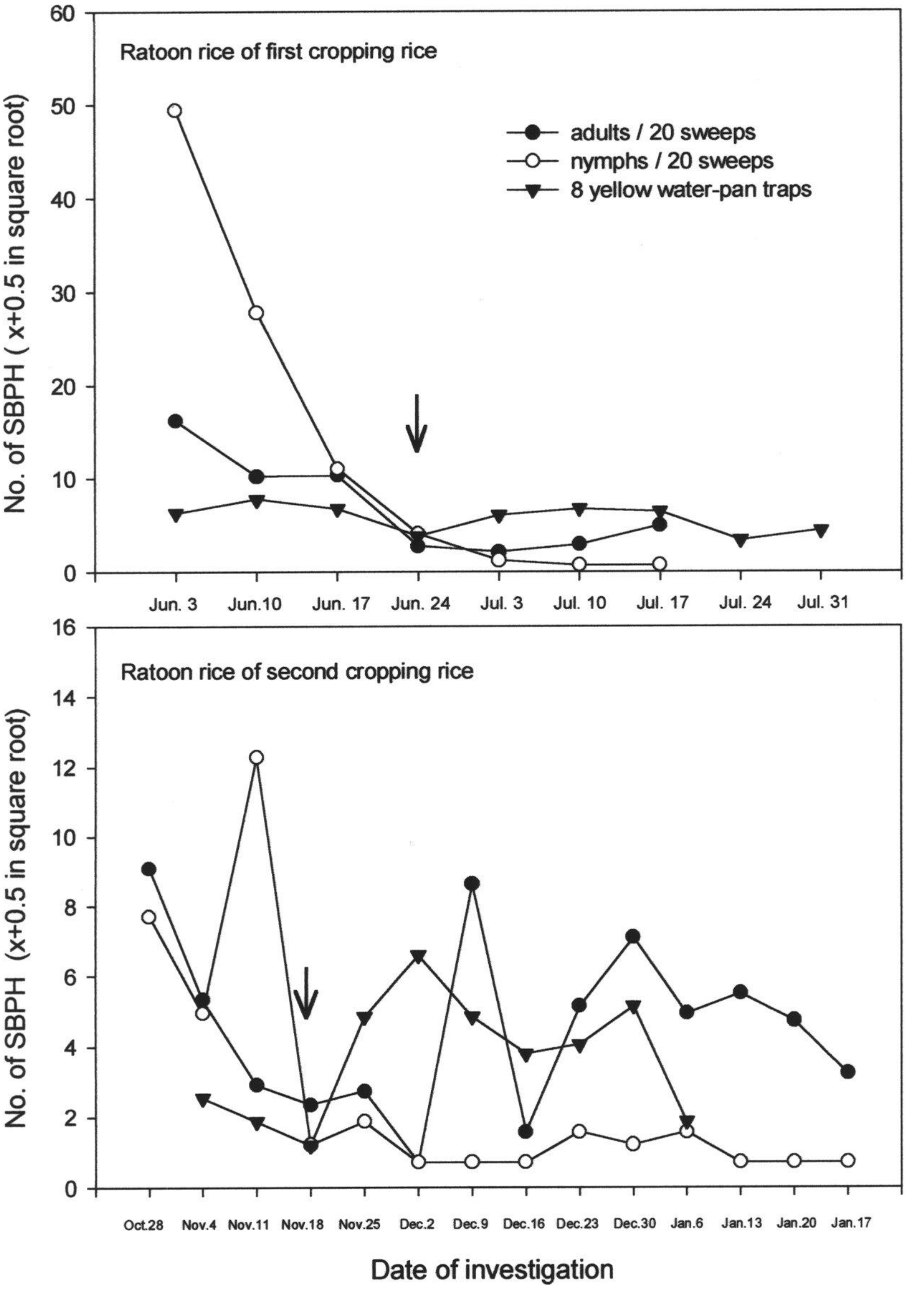
在圖一，顯示無論在一、二期之早、中、晚植區，灰飛蝨族群密度在第一世代均甚低，第二世代密度則有隨種植期之延後增高之趨勢，但其在一季稻中族群高峰均出現於水稻抽穗後。統計 1985 年至 1990 年一、二期稻灰飛蝨族群高峰出現期與水稻移植期之關係列如表二，一般而言，在一期稻，自十二月下旬至二月中旬種植者其族群高峰出現於四月下旬至五月上旬，但均相當於水稻抽穗至糊熟期，其中大部份出現於乳熟期；在二期稻，自七月八日至七月廿日種植者，族群高峰期一般出現於九月下旬至十月中、下旬，相當於水稻抽穗至乳熟期，而七月廿六日至八月十日種植者，則出現於十月下旬至十一月中旬，相當於水稻乳熟期至黃熟期，高峰期出現較遲。

在水稻收穫後，無論在第一、二期稻灰飛蝨均可於再生稻上繁殖一個世代（圖二），在第一期稻，水稻通常於六月上旬至下旬收穫，而於七月中、下旬整田種植二期稻，其間約有一個月左右的時間，足夠其完成一個世代，但因溫度高（平均最高溫度為 32.6℃）有礙於其生育，密度頗低；但在第二期作水稻自十一月上、中旬至十二月上旬收穫後至元月上、中旬整田，其間約有兩個月，平均溫度 20℃左右，亦足夠其繁殖一個世代。由於灰飛蝨屬溫帶地區害蟲，在低溫情況下，在第二期稻再生稻上之族群密度反較一期稻收穫後之再生稻上者為高。

近一步分析在早、中、晚植區上各世代之灰飛蝨短翅型成蟲發生率，由表三，可見各世代短翅型成蟲平均比例均未超過 40 %。一般而言，第一期稻第一世代成蟲密度很低，發生密度高的年份每 20 叢達 10 至 20 餘隻，其短翅型比例較高，但在發生密度少的年份，只能捕獲到成蟲 1-2 隻，短翅比例甚低；第二世代一般出現於孕穗後，短翅型成蟲比例在第一期稻中達最高，但在發生密度低時，亦只能捕獲少數之長翅型成蟲；第三世代成蟲出現於水稻黃熟期後，大部成蟲為長翅型，短翅型成蟲比例顯著較前兩世代為低。在第二期稻，各世代短翅型成蟲比例略較第一期稻者為高，但在兩期稻之第一世代短翅型成蟲比例與水稻種植期之早晚呈相反之趨勢，即在第一期稻，早植者略較晚植者為高，而在第二期稻則呈相反現象。在第一期稻第三世代短翅型成蟲與第一世代有類似情況外，在第三世代則與水稻種植期無關，但短翅型成蟲比例均明顯降低，長翅型成蟲急劇遷移，族群密度呈現大幅下降。在溫帶地區，灰飛蝨之短翅型成蟲亦只在越冬世代於小麥上佔比率較高（90 %以上）[1, 8]，在水稻上，短翅型成蟲所佔比例最高只佔 30 %左右。

與褐飛蝨短翅型成蟲比例在第一、二期稻之第一、二世代分別佔 58.9 與 54.4 及 61 與 73.4 %[18]比較，灰飛蝨短翅型成蟲的低比率顯示此一害蟲之遷移性較褐飛蝨為高。由於灰飛蝨寄主範圍廣，成蟲喜散遷至嫩綠，高大茂密的稻田為主[8, 9]，因此較難依據水稻生育期與發生密度來判斷水稻

生育後期之族群密度。另外在同一年度稻田因種植期之不同，其族群密度亦有很大差異，此等因素，均造成斑飛蝨發生預測之困難。此種現象亦發現於日本[1, 10]。



圖二、在第一、二期稻再生稻上斑飛蝨之族群消長。

Fig. 2. Population fluctuations of the smaller brown planthopper on ratooning rice of the first and second cropping season, 1985. (Arrow indicates the date that rice was harvested.).

表三、在第一、二期不同種植水稻掃網捕獲褐飛蝨之短翅型成蟲比例之比較

Table 3. Comparison among the rate of brachypterous adults of smaller brown planthopper cought by sweeping nets in the different planted rice in the first and second cropping season, 1985-2000

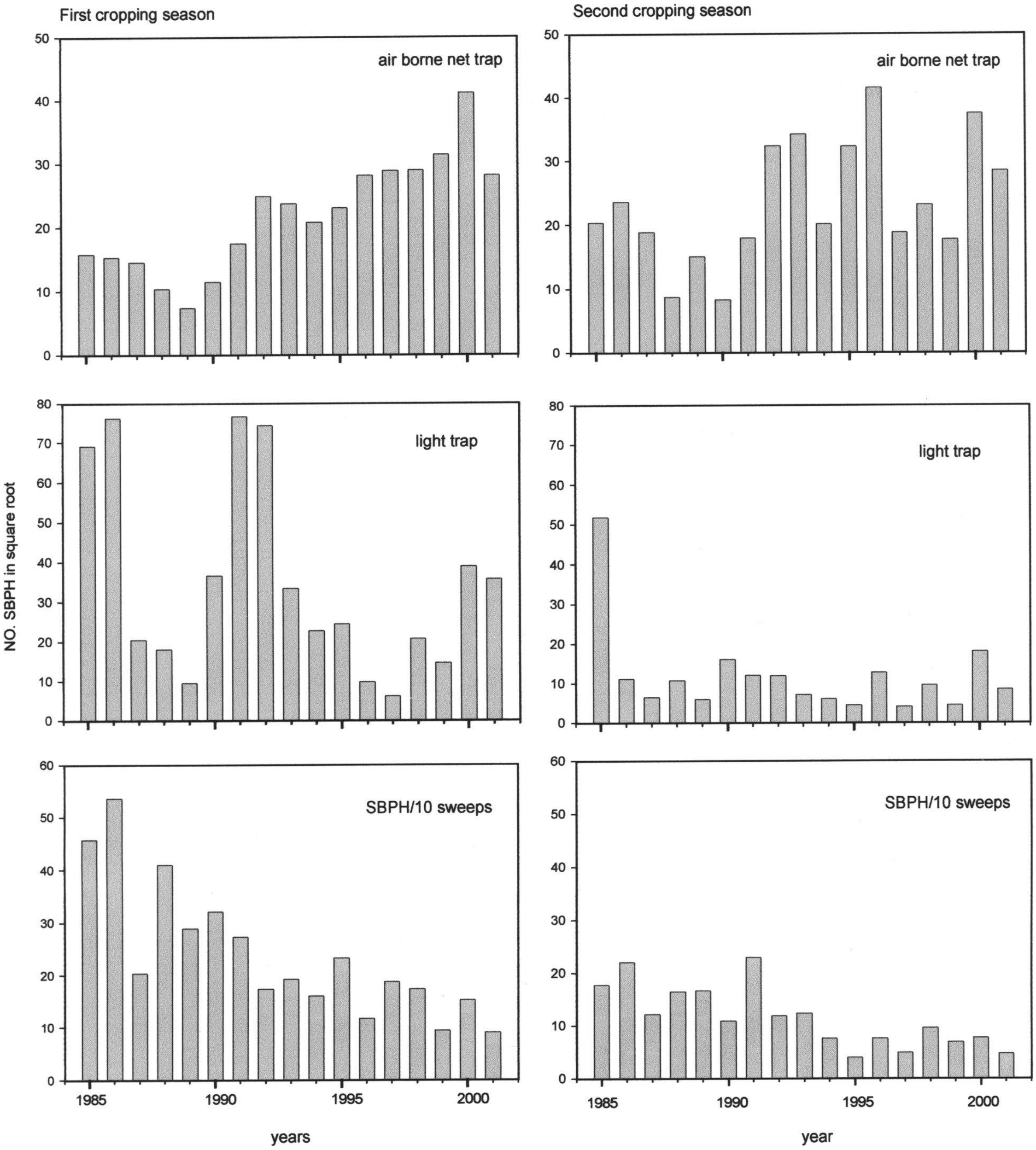
Date of planting	No. field obs.	% brachypterous adult					
		1st gen.		2nd gen.		3rd gen.	
		Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
First cropping season							
Dec. 19	1	28.6	-	14.0	-	28.6	-
Jan. 10-20	9	20.3±19.5	0 - 43.6	25.0±14.1	5.6 - 51.6	12.9±15.0	2.2 - 51.1
Jan. 21-31	10	18.5±16.9	0 - 42.6	21.2±15.7	0 - 45.8	3.4±3.1	1.8 - 40.8
Feb. 1-10	6	12.6±14.2	0 - 30.6	15.8±16.8	0 - 42.8	10.7±17.9	0 - 29.9
Feb. 11-20	2	0	0	6.1±8.6	9.8 - 12.2	0	0
Second cropping season							
July 8	1	50.0	-	70.6	-	21.6	-
July 11-20	5	13.1±9.1	0 - 16.7	34.6±21.2	16 - 51.3	19.1±12.8	5.9 - 40.0
July 21-31	11	25.6±19.6	0 - 60.0	39.5±20.1	6.3 - 63.2	20.2±13.6	0 - 41.5
Aug. 1-10	8	36.2±25.1	0 - 80.0	28.8±24.4	4.2 - 60.5	15.1±16.8	0 - 52.3

野外蟲發生族群之年度變動

由於褐飛蝨在不同種植期及管理水稻田之族群差異頗大，而本研究之偵測田每年插秧期係按當地農家慣行種植及管理，種植日期無法一致，管理方式除無施用殺蟲劑外，其他管理方式亦因年度而略有變異，因此每年田間褐飛蝨之發生族群密度，只能以 2 至 3 塊偵測田之平均族群密度為依據。然而以田間掃網捕獲之褐飛蝨族群密度與稻田褐飛蝨發生高峰期之三至六月及十至十二月氣帶式捕蟲網及誘蟲燈捕獲蟲數比較，如圖三所示，並不完全一致。如 1985 及 1986 年第一期稻田間田間褐飛蝨之族群密度及三至六月誘蟲燈之蟲數頗高，而氣帶式捕蟲網之捕蟲數並未同步增高；而 1991 及 1992 年三至六月誘蟲燈之捕蟲數頗高，但田間及氣帶式捕蟲網之蟲數並未顯著提升。同樣現象亦可發現在第二期稻之捕獲蟲數及誘捕蟲數之差異。分析第一、二期稻田間褐飛蝨族群高峰期密度與三至六月及十至十二月氣帶式捕蟲網及同期誘蟲燈捕獲蟲數之關係，結果如表四。第一期稻褐飛蝨發生最高族群密度（Z_1）與三至六月氣帶式捕蟲網之捕蟲數（X_1）具極顯著的負相關（r = -0.67094*），而與三至六月誘蟲燈之捕獲蟲數（Y_1）具顯著正相關（r = 0.48005*）；然而一期稻乳熟至糊熟期田間捕獲蟲數（Z_2）則與三至六月（Y_1）及十至十二月之誘蟲燈捕獲蟲數（Y_2）具顯著正相關（r = 0.58113* 及 r = 0.57989*）但與氣帶式捕獲蟲數在統計上呈不顯著之負相關。在第二期稻，田間發生最高蟲數（N_1）及在乳熟期至糊熟期間之最高蟲數（N_2）與十至十二月誘蟲誘捕蟲數（Y_2）及氣帶式捕蟲網（X_2）捕獲蟲數相關不顯著，但與三至六月之氣帶式捕蟲網（X_1）及誘蟲燈捕蟲數（Y_1）具顯著相關，且與前一年度三至六月之氣帶式捕蟲網蟲數（X_3）亦具顯著負相關。

由誘蟲燈捕獲蟲數觀察，三至六月之捕蟲數（Y_1）非但與十至十二月之捕蟲數（Y_2）具顯著相關外，與次年三至六月之捕蟲數亦呈顯著關係；但與二期作田間發生蟲數則相關

不顯著。但以[illegible]式捕蟲網捕獲蟲數觀察，五至七月之捕獲蟲數（X_1）與五至七月誘蟲燈（Y_1）或十至十二月誘蟲燈（Y_2）及次年五至七月誘蟲燈（Y_3）捕獲蟲數與第一、二期田間之發生蟲數之相關均不顯著，但與十至十二月（X_2）及次年五至七月捕獲



圖三、誘捕蟲器材在一期稻 5 至 7 月及二期稻 10 至 12 月捕獲蟲數與田間斑飛蝨發生最高蟲數之比較。

Fig. 3. Comparison among catches of the smaller brawn planthopper by airborne net traps and light traps from May to July in the first cropping season and from Oct. to Dec. in the second cropping season, and the highest catches by sweep nets in monitored fields.

表四、不同誘捕蟲器捕獲斑飛蝨蟲數之間及其與偵測田發生蟲數之關係 1)

Table 4. Correlation among the catches of smaller brown planthopper by different traps and population abundance of the insect in the monitoring fields1)

	Y1	Y2	Y3	X1	X2	X3
Y1	—					
Y2	0.49673*	—				
Y3	0.53700*	0.58207*	—			
X1	-0.05227	-0.07483	-0.20130	—		
X2	0.08346	-0.01799	-0.37346	0.71800**	—	
X3	-0.10619	-0.25227	0.01775	0.74407**	0.29796	—
Z1	0.48005*	0.47460*	0.25472	-0.67094**	-0.44870△	-0.64718**
Z2	0.58113*	0.57989*	0.40272△	-0.43879△	-0.15725	-0.37976
N1	0.62031**	0.34906	0.38206	-0.57202*	-0.36998	-0.58132*
N2	0.57619*	0.31688	0.38125	-0.64725*	-0.39908	-0.66379**

1) Figures were transformed to square roots before analysis. The symbols △, *, and ** indicate that the correlation coefficient was significant at the 0.1, 0.05, and 0.01 levels, respectively.

Y1: catches of SBPH by light traps from May to July in the first cropping season.

Y2: catches of SBPH by light traps from Oct. to Dec. in the second cropping season.

Y3: catches of SBPH by light traps from May to July in the first cropping season of the following year.

X1: catches of SBPH by airborne net traps from May to July in the first cropping season.

X2: catches of SBPH by airborne net traps from Oct. to Dec. in the second cropping season.

X3: catches of SBPH by airborne net traps from May to July in the first cropping season of the following year.

Z1: the highest number of SBPH caught by 20 sweep nets in the first cropping season.

Z2: the number of SBPH caught by 20 sweep nets during the milky to doughy stages of rice in the first cropping season.

N1: the highest number of SBPH caught by 20 sweep nets in the second cropping season.

N2: the number of SBPH caught by 20 sweep nets during milky to doughy stages of rice in the second cropping season.

蟲數（X_3）均具極顯著關係；至於十至十二月之捕獲蟲數（X_2）除與翌年五至七月之捕獲蟲數具顯著相關外，與翌年五至七月及十至十二月之誘蟲燈捕獲蟲數均呈無顯著之負相關。

由於斑飛蝨分布範圍較廣，屬於溫帶地區害蟲，耐低溫，30℃以上之高溫反對其繁殖則具阻礙作用，較屬於本土性害蟲(8, 9, 14)，然而其飛行除短距離遷移外，適當的氣候條件下亦可在數百至一千公尺高空和距離陸地數十公里的海面上捕捉到(8, 24, 25)，可見斑飛蝨亦可能由外地遷入。據本地過去十餘年來由田間誘蟲燈及氣帶式捕蟲網偵測褐飛蝨及白背飛蝨自海外遷入資料，在五至七月兩種飛蝨主要遷入期間，在適合兩種飛蝨遷入之氣象條件的日期，在誘蟲燈及氣帶式捕蟲網斑飛蝨之捕蟲量亦有隨之增加之現象，惟其「突增」之現象不若褐飛蝨與白背飛蝨之明顯（未發表資料）。有關斑飛蝨之長距離現象迄至目前雖尚無完整報告可查，但在 1984-1985 年台灣中南部地區由斑

飛蝨媒介之縞葉枯病嚴重發生時，在日本九州地區亦嚴重發生，被懷疑其媒介蟲是否從台灣隨西南季風氣流遷入日本所致[14]。因此，氣帶式捕蟲網及誘蟲燈在四至六月及十一及十二月捕獲蟲數是否會為本地蟲或有部份係由外地遷入者，值得進一步探討。

然而由圖三，可見斑飛蝨在一期稻之發生密度較二期稻為高。而由表四，可見四至六月誘蟲燈捕蟲數（Y_1）對第二期稻斑飛蝨之發生密度（Y_2）之影響較十至十二月誘蟲燈捕獲蟲數（Y_2）對次年第一期稻斑飛蝨之發生密度（Y_3）之相關為明顯。而氣帶式捕蟲網捕獲之蟲數與田間斑飛蝨族群及誘蟲燈誘捕蟲數均呈負相關，尤與田間斑飛蝨之族群之關係較為顯著。但自從1990年以後田間斑飛蝨族群發生較低時，而氣帶式捕蟲網之捕獲蟲數反而有呈現增加之現象，是否因遷出浮游空中之蟲數增高而導致田間發生量之下降，有待進一步探究。

影響斑飛蝨發生族群豐度之因子分析

由於每年斑飛蝨在田間之族群發生豐度，與誘捕蟲器捕獲蟲數並不完全一致，很難單獨由田間斑飛蝨族群或誘捕蟲器之捕獲蟲數作為判斷其發生豐度之依據。理論上，田間斑飛蝨族群密度高時，長翅型成蟲出現率應較高，撲燈或浮游空中遷飛蟲數應隨之增高。縱然斑飛蝨各世代之長翅型成蟲均明顯地高於短翅型，善於遷移，但在田間密度低的情況下，卻出現較高的浮游於空中的成蟲，是否因長翅型成蟲大量遷出而影響田間族群；若是如此，則誘蟲燈捕獲蟲數及氣帶式捕蟲網之捕獲蟲數亦應視為發生豐度之指標。為此本研究分析1985至2001年間影響田間斑飛蝨之發生族群之因子，除蟲源外，各種可能影響族群之氣象因子亦盡可能納入考慮在內，結果分別示如表五及表六。由表六，顯示影響第一期稻田間斑飛蝨族群豐度（Y_1 及 Y_7）而言，在蟲源方面，以上年度十二月黃色水盤在再生稻田之捕獲蟲數量（X_5）關係較密切；在氣象因子方面影響以十二月至三月間之溫度（X_{10}）影響其族群豐度最顯著。對四及六月誘蟲燈蟲數而言，以上年十二月黃色水盤在再生稻田之捕蟲數（X_5）及四月之誘蟲燈捕蟲數（X_4）影響較顯著，一、二月的溫度（X_{11}）及三月之雨量（X_{12}）亦有若干程度的影響；對誘蟲燈及氣帶式捕蟲網之捕蟲數之影響因子則大致與影響誘蟲燈之捕蟲量相同。

在第二期稻，影響田間斑飛蝨族群豐度之因子（(Y_5)）及（(Y_8)），以水稻移植後30天內黃色水盤捕蟲數（X_6）及七至八月氣帶式捕蟲網捕獲蟲數（X_9），八月之平均溫度（X_5）及八月每小時降雨量超過10mm之日數（X_{10}）的影響較大；對於十至十一月誘蟲燈捕蟲數（Y_3）則與七至八月誘蟲燈捕蟲數（X_8），及九月間平均風速每秒大於5 m（X_{19}）與九月十六日至十月十四日每小時降雨量大於40 mm（X_{16}）影響較大。影響十至十一月誘蟲燈與氣帶式捕蟲網之捕蟲數之因子，除影響誘蟲燈之誘蟲數因子外，另外九月誘蟲燈捕蟲數（X_2）及八月十六至九月十四日間之降雨量每小時超過40 mm之日數（X_{14}）的亦對捕蟲數具若干程度之影響。

在溫帶地區有關斑飛蝨族群動態，多偏重於水稻生育初期斑飛蝨之遷入量與水稻縞葉枯病之關係研究。由於斑飛蝨在越冬期中可在小麥及其他許多禾本科雜草（或野草）繁殖一個世代，然後於第二世代成蟲期（四月間）遷至水稻田，因此越冬蟲量成為其研究重點。小麥田種植面積，遷入小麥田之成蟲數，十二月至二月氣溫及四月之氣溫與降雨量均與發生量具密切關係；一般而言，除寄主植物外，一般以低溫少雨有利於斑飛蝨族群之發生密度[7, 11, 15]。

表五、影響斑飛蝨族群豐度因子及建立發生預測模式之變數及依變數描述

Table 5. Description of dependent and independent values used in the analysis of factors affecting the population abundance of smaller brown planthoppers and for setting up the forecasting models[1)]

1. For the first cropping season of rice
   - Y_1: The highest population of SBPH in monitored fields after the heading stage.
   - Y_7: The highest population of SBPH in monitored fields from the milky to doughy stages.
   - Y_5: Total catches of SBPH by light traps from May 16 to June 10.
   - Y_8: Total catches of SBPH by light traps and airborne net traps from May to June.
   - X_1: Total catches of SBPH by airborne net traps in Dec.
   - X_2: Total catches of SBPH by airborne net traps in Jan.
   - X_3: Total catches of SBPH by airborne net traps in Feb.
   - X_4: Total catches of SBPH by light traps in Apr.
   - X_5: Total catches of SBPH by 8 yellow water-pan traps in the previous Dec.
   - X_6: Total catches of SBPH by 8 yellow water-pan traps within 30 days after transplanting.
   - X_8: Total catches of SBPH by 8 yellow water-pan traps from Feb. to Mar.
   - X_9: Average temperature from Dec. to Jan.
   - X_{10}: Average temperature from Dec. to Mar.
   - X_{11}: Average temperature from Jan. to Feb.
   - X_{13}: Total rainfall from Mar. to Apr.
   - X_{14}: Total rainfall in May.
   - X_{15}: Total rainfall in June.
   - X_{16}: Total rainfall in May and June.
2. For the second cropping season of rice
   - Y_4: The highest population of SBPH in monitored fields in Oct.
   - Y_5: The highest population of SBPH in monitored fields after the heading stage.
   - Y_8: The highest population of SBPH from the milky to doughy stages.
   - Y_3: Total catches of SBPH by light traps from Oct. to Nov.
   - Y_6: Total catches of SBPH by airborne net traps from Oct. to Nov.
   - Y_7: Total catches of SBPH by light traps and airborne net traps from Oct. to Nov.
   - X_1: Total catches of SBPH by light traps from July 16 to Aug. 31.
   - X_2: Total catches of SBPH by light traps in Sept.
   - X_3: Total rainfall in Aug.
   - X_4: Total rainfall in Sept.
   - X_5: Average temperature in Aug.
   - X_6: Total catches of SBPH by 8 yellow water-pan traps within 30 days after transplanting.
   - X_7: Total catches of SBPH by 8 yellow water-pan traps in Sept.
   - X_8: Total catches of SBPH by light traps from July to Aug.
   - X_9: Total catches of SBPH by airborne net traps from July to Aug.
   - X_{10}: Days with rainfall exceeding 10 mm/h in August.
   - X_{11}: Days with rainfall exceeding 40 mm/h in August.
   - X_{13}: Days with rainfall exceeding 10 mm/h from Aug. 16 to Sept. 15.
   - X_{14}: Days with rainfall exceeding 40 mm/h from Aug. 16 to Sept. 15.
   - X_{15}: Days with rainfall exceeding 10 mm/h from Sept. 16 to Oct. 15.
   - X_{16}: Days with rainfall exceeding 40 mm/h from Sept. 16 to Oct. 15.
   - X_{17}: Average daily maximum temperature in Aug.
   - X_{18}: Days with mean wind speed exceeding 5 m/s in Aug.
   - X_{19}: Days with mean wind speed exceeding 5 m/s in Sept.

[1)] All dependent and independent values were transformed with $\sqrt{x+1/2}$ before analysis.

表六、影響第一、二期稻斑飛蝨族群因子分析

Table 6. Analysis of the factors affecting to the population abundance of smaller brown planthoper in the first and second cropping seasons[1)]

Dependent factors	Correlation coefficient (r)			
	$Y_1(Y_5)$[2)]	$Y_7(Y_8)$[2)]	$Y_5(Y_3)$[2)]	$Y_8(Y_7)$[2)]
First cropping season				
X1	-0.28	0.06	-0.07	0.04
X2	-0.42△ 3)	-0.15	-0.18	-0.19
X3	0.24	0.44△	0.24	0.16
X4	0.21	0.11	0.64**	0.54*
X5	0.33	0.53*	0.47△	0.56*
X6	-0.04	0.07	0.20	0.29
X7	0.15	0.12	0.20	0.30
X8	0.08	0.10	0.21	0.30
X9	-0.57*	-0.57*	-0.23	-0.06
X10	-0.69**	-0.65**	-0.19	0.05
X11	-0.42△	-0.50*	-0.34	-0.21
X12	0.03	-0.02	-0.29	-0.19
X13	0.01	-0.05	-0.19	-0.07
X14	-0.05	0.04	-0.21	-0.07
X15	0.01	0.03	0.07	0.28
X16	-0.02	0.04	-0.01	0.25
Second cropping season				
X1	0.34	0.35	0.20	0.03
X2	0.01	-	0.27	0.42△
X3	-0.24	-0.21	0.15	0.06
X4	-0.10	-0.04	-0.14	-0.06
X5	0.49*	0.42△	0.05	-0.01
X6	0.45△	0.43△	0.09	-0.12
X7	-0.21	0.33	0.04	0.20
X8	0.40	0.37	0.63**	0.50*
X9	-0.42△	-0.43△	0.04	0.30
X10	-0.42△	-0.36	0.19	0.14
X11	-0.18	-0.15	0.16	0.07
X13	-0.06	0.01	0.29	0.20
X14	0.15	0.15	0.17	0.38
X15	0.21	0.22	0.09	-
X16	-0.10	-0.11	0.38	0.46△
X17	0.20	0.11	-0.24	-0.05
X18	0.08	0.13	0.25	0.30
X19	0.32	0.36	0.47△	0.59*

1) For descriptions of dependent and independent symbols, refer to Table 5.

2) Dependent symbol Y outside the parentheses indicates the value used factors affecting the SBPH population in the first cropping season for analysis, while those inside the parentheses used data in the second cropping season for analysis.

3) The symbols △, *, and ** indicate that the correlation coefficient between independent and dependent values were significant at the 0.1, 0.05, and 0.01 levels, respectively.

在台灣地區，斑飛蝨在民國六十年間只輕微地發生於台中、彰化及高屏地區，前者因冬季種植小麥，而後者則因冬季部份地種植大豆，有助於良好的越冬場所供其繁殖[13]，但至民國 72 年因實施稻田轉作，在嘉南地區大力推廣玉米及高粱，玉米冬作之栽植面積由 1970 年間之 10 餘萬公頃增至 1980 年間之 30 餘萬公頃，而高粱則由 13 千餘公頃增至 2 萬餘公頃[4,5]，致使斑飛蝨之族群大幅增高，經其媒介之縞葉枯病於 1984 至 1987 年大發生[13,22,23]。其後於 1998 年為因應加入 WTO，實施「水旱田利用調整計畫」致 1999 年高粱及冬作玉米面積驟降，分別為最高栽培面積之 1/2 左右，斑飛蝨之發生密度亦隨之下降，可見冬季寄主植物為影響次年度之重要因素。本研究亦顯示越冬蟲源為影響第一期稻斑飛蝨族群之重要因素，其中以 1-2 月黃色水盤捕獲蟲數（X_5）之相關較密切。誘蟲燈於一至二月，可能溫度較低致少無所捕獲，而氣流式捕蟲網則除二月份外均可捕到斑飛蝨，但在元月之捕蟲數（X_2）與一期稻田間自三月中至六月中旬間之誘蟲燈之捕蟲數呈負相關（r = -0.18）。在氣象因子方面，由表六可見，以一至二月之溫度（X_{10}）對田間斑飛蝨族群呈顯著負相關（r = -0.69**）。此與岸本與高山[11]及吉田等[7]報告一致；但至三月之雨量對斑飛

表七、斑飛蝨發生豐度之預測方程式

Table 7. Regression equations for forecasting the population abundance of smaller brown planthoppers in the first and second cropping seasons at Chiayi, Taiwan[1)]

Regression equation	R^2 value	P value
For the first cropping season		
1. Based on the population of SBPH in monitored fields		
$\hat{Y}_7 = 301.75 - 0.84X_2 + 1.22X_5 - 2.91X_8 - 63.66X_{10} - 0.60X_{13}$	0.8550	0.0003
$\hat{Y}_7 = 292.11 - 0.67X_2 + 1.17X_5 - 2.95X_8 - 63.30X_{10}$	0.811	0.0003
$\hat{Y}_1 = 357.64 - 2.04X_2 + 6.17X_3 - 78.84X_{10}$	0.7746	0.0002
$\hat{Y}_1 = 396.79 - 1.87X_2 + 7.01X_3 - 91.32X_{10} + 0.68X_{15}$	0.8316	0.0001
2. Based on total catches of SBPH in light traps from May to June		
$\hat{Y}_5 = 242.51 + 3.64X_4 + 1.55X_5 - 3.53X_6 - 56.29X_{11}$	0.7988	0.0004
$\hat{Y}_5 = 239.85 + 3.66X_4 + 0.94X_5 - 57.19X_{11}$	0.7418	0.0004
3. Based on total catches of SBPH by light traps and airborne net traps from May to June		
$\hat{Y}_8 = -14.48 + 4.62X_4 + 1.42X_5 + 2.49X_{14}$	0.7312	0.0005
$\hat{Y}_8 = 22.08 + 3.41X_4 + 1.47X_5$	0.6521	0.0006
For the second cropping season		
1. Based on the population of SBPH in monitored fields		
$\hat{Y}_4 = -357.53 + 0.28X_8 + 69.92X_5 + 10.14X_{15} - 20.08X_{16}$	0.6633	0.0073
$\hat{Y}_5 = -258.94 + 49.60X_5 + 2.13X_6 + 0.34X_8$	0.5327	0.0167
$\hat{Y}_8 = 8.80 + 2.03X_6 + 0.45X_8 - 0.79X_9$	0.5816	0.0084
2. Based on total catches of SBPH by light traps from Oct. to Nov.		
$\hat{Y}_3 = 1.17 + 1.21X_8 - 17.35X_{14} + 17.48X_{19}$	0.7107	0.0008
3. Based on total catches of SBPH by light traps and airborne net traps from Oct. to Nov.		
$\hat{Y}_7 = -18.17 - 1.15X_4 + 2.54X_6 + 17.74X_{14} + 37.99X_{16}$	0.6681	0.0048

[1)] For descriptions of dependent and independent symbols refer to Table 5.

蝨族群之影響不若後兩者之明顯。在第二期稻作，蟲源仍為影響斑飛蝨族群豐度之重要因子，氣象因子方面則以八月之溫度及十月颱風（(X_{18})）為影響族群豐度之重要因子。

第一、二期稻作斑飛蝨發生豐度之預測

利用上述影響斑飛蝨族群豐度因子分析之變數，使用逐步迴歸分析法，初步建立斑飛蝨之發生預測模式如表六。由於田間斑飛蝨族群之發生密度並非完全與誘捕蟲器材之捕蟲數成顯著相關，因此分別以預測田間可能發生之族群密度及誘捕蟲器材之可能捕獲蟲數為發生豐度之指標。由於所建立之模式之 R^2 值由 0.58 至 0.85，且其 F 值均達統計上之極顯著標準（$P < 0.01$），顯示初步建立之預測模式可進一步應用試測。斑飛蝨之發生豐度，宜適當按其發生密度與危害損失及防治成本計算訂定其經濟危害基準（economic threshold)為每網捕 10 至 20 隻(鄭未發表資料)。當發生密度小於每網捕 10 隻為極輕級，10 至 20 隻（稻穀損失 2 至 3.5 %）為輕級，21 至 60 隻（稻穀損失為 3.5 至 6.5 %）為中級，61 至 100 隻（約 6.5 至 12 %）為重級，超過 100 隻為極重級。至於誘蟲燈誘捕蟲數與上述田間網捕蟲數，則可利用歷年田間發生蟲數與誘蟲燈之捕蟲數之相關（表四）求出各級數之範圍，作為判定發生量之依據。所建立之發生預測模式之實用性，尚有待進一步試測及作需要之改進。

謝　　誌

本研究承行政院農業委員會之經費補助，試驗期間承林潔佳小姐及吳昇晉、陳弘煜先生等之協助田間害蟲調查工作，楊素云小姐協助資料分析及文稿繕打工作，謹致謝忱。

引用文獻

1. 三田久男。1965 。 病媒介生態 移動。農業技術 20：417-421。
2. 川上瀧瀰。1905。台灣 稻六大害蟲。昆蟲世界 9(94)：262。
3. 不具名。2000。植物保護手冊。行政院農委會農藥所編印，P. 67-69。
4. 不具名。1982。八十一年農業統計年報。台灣省政府農林廳編印。
5. 不具名。2001。八十九年農業統計年報，行政院農委會編印。
6. 朱耀沂、鄭清煥。1996。台灣光復前水稻害蟲研究之沿革。植保會刊 38：79-98。
7. 吉岡幸治郎、高山昭夫、重松喜昭、上田進。1971。 稿葉枯病防除 發生觀察 。四國植物防疫研究 6：51-61。
8. 巫國華、胡萃。1987。稻飛蝨。農業出版社出版，P.149-168。
9. 屈天祥。1982。灰飛蝨。P.130-136，農業昆蟲。上海科學技術出版社出版，466 P.
10. 奈須壯兆。1965。稻稿葉枯病 發生消長 防除時期。農業 園藝 40：813-816
11. 高山隆夫。1985。 發生預察。植物防疫 39：538-541。
12. 桐谷圭治。1997。日本產昆蟲、 、線蟲 發育零點 有效積算溫度。農業環境技術研究所資料 21：1-72。
13. 陳慶忠、柯文華。1989。台灣水稻稿葉枯病流行學研究。植保會刊 31：290-303。
14. 寒川一成。1992。 發生生態 最近 問題。植物防疫 46：183-186。
15. 新海昭。1985。 稿葉枯病

諸情勢 問題點。植物防疫 39：503-507。

16. 鄭清煥。1986。斑飛蝨之生態觀察。P.113，台灣省農業試驗所民國七十四年年報，台中。
17. 鄭清煥。1985。斑飛蝨棲群之季節性消長。P.132-133，台灣省農業試驗所民國七十三年年報，台中。
18. 鄭清煥。1990。嘉南地區褐飛蝨之族群動態及其發生預測之研究。中華昆蟲 10：1-25。
19. 鄭清煥。1999。台灣光復後水稻害蟲之發生演變及防治研究之回顧。植保會刊 41：9-34。
20. 劉達修。1984。水稻斑飛蝨生態與防治。P.39-45，行政院農委會七十三年度計畫「稻作害蟲生態與發生預測研究報告」嘉義農業試驗分所編。
21. 謝昭彥。1971。姬鳶飛蝨之生物學研究。P.17-18 台中區農改場，民國 60 年年報。
22. 蕭榮福、范國洋、陳漢洋、謝忠能、李麗娟。1985。台灣省水稻病蟲害發生預測(1966～1984)。台灣省政府農林廳編印 382pp。
23. Chiu, M. T., and Wu, Y. L. 1986. Studies on the epidemiology and varietal resistance to rice stripe disease. J. Agri. Assoc. China 135: 56-61.
24. Kisimoto, R. 1979. Brown planthopper migration. P.111-124, Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI. Los Banos，Laguna，Philippines.
25. Kisimoto, R. 1991. Biological and meteorological aspects of planthopper migration. P.205-214, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat Inst. Agro-Environ. Sci. Japan.
26. Mochida, O., and Okada, T. 1970. A list of the Delphacidae (Homoptera) in Japan with special reference to host plants, transmission of plant diseases, and natural enemies. Bull. Kyushu Agr. Expt. Stn. XV(4): 737-843.
27. SAS user’s Guide Statistics. 1988. NC: SAS Institute Inc.

ABSTRACT

Cheng, C. H.* 2003. Studies on the population dynamics and forecasting population abundance of smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén) on rice in Taiwan. Plant Prot. Bull. 45: 17 - 33. (Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, 600, ROC)

The smaller brown planthopper (*Laodelphax striatellus* (Fallén) (Homoptera: Delphacidae) is an important insect pest of rice in Taiwan; in addition to causing direct damage by sucking nutrients from vascular tissues of rice plants, it also acts as a vector for transmission of rice stripe virus disease. The present study was conducted to determine the population dynamics of this insect pest, factors affecting the population abundance, and the development of models for forecasting the population based on data collected from monitored fields and traps since 1985 in central Taiwan. Data indicate that the smaller brown planthopper goes through 8 generations a year, with 3 generations for each crop of rice. The population peak, regardless of planting time, appeared mostly during the milky to doughy stages of the rice. In general, macropterous adults of the smaller brown planthopper immigrated successively to paddy fields soon after transplanting. The population of immigrants was significantly higher in paddy fields planted earlier than those planted later. Since the ratio of brachypterous adults in every generation was lower then 35 % both in the first and second cropping season, a portion of the newly emerged adults from the earlier planted rice either migrated to the later planted rice or drifted away in the air. In the first cropping season, the highest population of the planthopper in paddy fields was positively correlated with catches by light traps, but was significantly negatively correlated with catches by airborne net traps from May to July. Similar relationships were also observed among field populations and catches by light and airborne net traps from October to December in the second cropping season, but the correlations did not reach statistical significance. Further analysis of the factors affecting the population abundance of the planthopper showed that catches by yellow water-pan traps in ratooning rice during last December and the average temperatures from the previous December to March were the most important factors affecting the population in the first cropping season. However, catches by airborne net traps from July to August or catches by yellow water pan traps within 30 days after transplanting, average temperature and days of rainfall exceeding 10 mm/h in August, and times when a typhoon was present were the important factors affecting the population in the second cropping season. Several models for forecasting the population abundance were developed for the present study to further test their applicability.

(Key words: smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén, population dynamics, population forecasting, rice)

* E-mail: chcheng@dns.caes.gov.tw